

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-354887

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 有 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-162298

(22) 出願日 平成10年(1998) 6 月10日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 井元 康雅

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

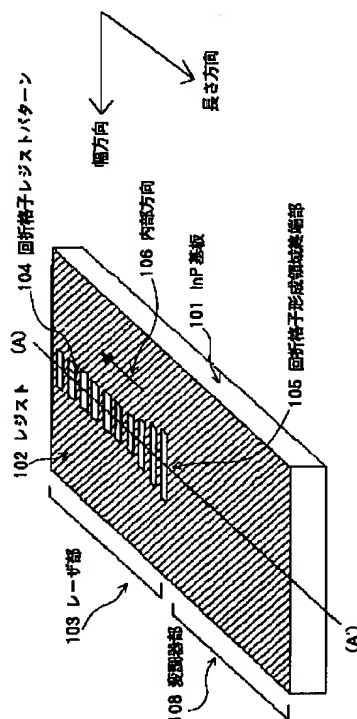
(74) 代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、回折格子のえぐれを抑えた均一な回折格子基板の製造方法及びこの基板を用いた部分的に回折格子を有する半導体レーザの製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 半導体基板上に回折格子を形成するためのレジストパターンを、回折格子形成領域終端部で、開口面積が徐々に増大するように形成し、さらにエッチングし、回折格子基板を作製する。この回折格子基板の上にガイド層、活性層、クラッド層を成長させて半導体レーザを作製する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板上に回折格子を形成するためのレジストパターンを、回折格子形成領域終端部で、開口面積が徐々に増大するように形成するレジストパターンニング工程と、このレジストパターンを用いてエッチングにより半導体基板に回折格子を形成するエッチング工程とを有する部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板の製造方法。

【請求項 2】 前記レジストパターンニング工程が、電子ビームを用いてレジスト上にパターン形成するレジストパターンニング工程である請求項 1 記載の部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板の製造方法。

【請求項 3】 前記レジストパターンニング工程において、前記レジストパターンが、開口長は一定で、開口幅を徐々に広げることによって開口面積を広げたレジストパターンである請求項 1 または 2 記載の部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板の製造方法。

【請求項 4】 前記レジストパターンニング工程において、前記レジストパターンが、開口幅は一定で、開口長を徐々に広げることによって開口面積を広げたレジストパターンである請求項 1 または 2 記載の部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板の製造方法。

【請求項 5】 前記エッチング工程において、エッチングが、ウェットエッチングである請求項 1～4 のいずれかに記載の部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板の製造方法。

【請求項 6】 請求項 1～5 記載のいずれかの製造方法を用いて製造した部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板を用いて、さらに前記回折格子基板の上にガイド層、活性層、クラッド層を成長させる工程を有する半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電子ビーム露光法を用いた部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板の製造方法、及びこの回折格子基板を用いた部分的に回折格子を有する半導体レーザの製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 回折格子を有する半導体レーザの製造方法においては、回折格子基板上的回折格子形状を精密に制御することが性能、歩留まりを確保する上で最も重要な要素の一つとなっている。この目的のために、電子ビーム露光（以下 E B 露光）により、精密に制御された周期をもった精細な回折格子レジストパターンを半導体基板上に形成し、エッチングにより、このレジストパターンを半導体基板上に転写する方法が知られている。この場合、E B 露光によりウエハー全面にわたり回折格子パターンを形成することは膨大な露光時間を要することから、通常は部分的に回折格子を形成し、回折格子形成部

のみ露光して、開口パターンを形成する方法が知られている。

【0003】 図 13 は、上記の従来法により回折格子を形成した回折格子基板の模式図であるが、半導体基板 302 上に塗布されたレジスト 305 の一部に回折格子を形成するための回折格子レジストパターン 301 が形成され、ウェットエッチングにより、回折格子 306 が形成されていることを示す図である。この図に示すように、レジストパターンが同一面積の開口部の繰り返し構造である場合、パターン効果により、回折格子形成領域終端部 303 の近傍でエッチング速度が速くなり、回折格子のえぐれ 304 を生じ、均一な形状の回折格子できないという問題を生じている。

【0004】 このような不均一な部分回折格子を持つ半導体レーザでは、回折格子形成領域終端部の境界で、回折格子のえぐれ形状に起因した光の反射や散乱により、レーザ導波損失や電界分布不均一を引き起こすという問題をもたらしている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、回折格子のえぐれを抑えた均一な回折格子基板の製造方法及びこの基板を用いた部分的に回折格子を有する半導体レーザの製造方法を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、半導体基板上に回折格子を形成するためのレジストパターンを、回折格子形成領域終端部で、開口面積が徐々に増大するように形成するレジストパターンニング工程と、このレジストパターンを用いてエッチングにより半導体基板に回折格子を形成するエッチング工程とを有する部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板の製造方法に関する。

【0007】 さらに本発明は、上記製造方法を用いて製造した部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板を用いて、さらに前記回折格子基板の上にガイド層、活性層、クラッド層を成長させる工程を有する半導体レーザの製造方法に関する。

【0008】 本発明者は、レジストパターンと回折格子のえぐれの関係を鋭意調べた結果、特にウェットエッチングの場合、回折格子形成領域終端部において、エッチング液が滞留しやすいことにより、回折格子のえぐれ現象が発生することを見出した。すなわち、レジストパターンが一定の周期で形成されている部分については、エッチング液の消費速度が一定であるが、回折格子形成領域終端部においては、エッチング部位の急激な減少により、エッチング液の消費速度もそれに伴い低下するため（パターン効果）、その結果滞留するのである。したがって、回折格子形成領域終端部に近づくにしたがってレジストパターンの開口面積を徐々に広げることにより、回折格子形成領域終端部と内部方向の回折格子形成

## 3

領域とでエッチング液の消費速度を合わせ、滞留を避けることにより均一な回折格子形状を得ることが可能となり本発明に到った。

## 【0009】

【実施例】（実施例1）本発明の一実施例として、電界吸収型変調器を集積したDFBレーザの製造工程を、図1～12に示す。

【0010】まず、図1に示すようにn型（100）面方位のInP基板101上にレジスト102を塗布し、＜011＞方向にEB露光により、レーザ部103のみに開口長100nm（一定値）、周期241.7nm（一定値）の回折格子レジストパターン104を部分的に形成した。ウエハー上ではパターンが繰り返し形成されるため400μm長の平坦部と1000μm長の回折格子部が繰り返し形成されたことになる。このとき、レジストパターン開口幅は回折格子形成領域終端部105から内部方向106に向かって5μmにわたり10μmから5μmへと変化させた。

【0011】本実施例では、開口幅を内部から回折格子形成領域終端部105に向かって線形的に広げた。したがって開口面積も線形的に増大したことになる。変化させた領域は、終端部105から内部方向106に向かって5μmの範囲であった。内部方向106に向かってこの5μmの範囲から先の範囲では、開口幅は一定値5μmとした。5μmから先の部分で一定値とした理由は、この領域では、もはやパターン効果によるエッチング速度の上昇を無視できる領域であるからである。このパターン効果の影響の及ぶ範囲については、本実施例では、回折格子形成領域終端部105から内部方向106に向かって5μmの範囲としたが、回折格子の設計によるため、5μmの範囲に限定されるものではなく、適宜選択できる。開口幅の変化のさせ方は、本実施例では、線形的に変化させたが、内部から回折格子形成領域終端部105に向かって2次関数、3次関数等のn次関数や、指数的に増加させることも可能であり、この関数については、回折格子の深さが均一になるように適宜選択することができる。

【0012】次に、エッチング方法としてウェットエッチングにより回折格子を形成した。レジストのエッチングができればウェットエッチングに限定されない。本実施例では、臭化水素と過酸化水素と水とからなるエッチング液を用いてInP基板上に回折格子レジストパターン104を転写し回折格子107を形成した。図2は図1のA-A'線に沿ったウェットエッチング後の断面図を示す。次にレジストを除去し、部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板を完成させた。さらに、この基板上に図3に示すように、熱CVD法によりSiO<sub>2</sub>を150nm堆積させ、＜011＞方向に間隔が1.5μm、幅はレーザ部103で18μm、長さ500μm、変調器部108では幅5μm、長さ200μ

## 4

mとなる1対のストライプパターンに通常のフォトリソグラフィとウェットエッチングにより加工し成長阻止マスク109を形成した。

【0013】次に、図4に示すように、選択MOVPE（Metal Organic Vapor Phase Epitaxy：有機金属気相成長）により成長圧力75 Torr、成長温度625℃で、層厚0.1μm、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ でバンドギャップ波長が1.13μmのInGaAsP層ガイド層、レーザ部でバンドギャップ波長組成が1.56μmとなるような層厚6nmの0.5%歪InGaAsPウェルと層厚8nmのバンドギャップ波長が1.13μmのバリア層をもつ8周期のMQW（Multi Quantum Well：多重量子井戸）活性層、層厚60nm、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ でバンドギャップ波長が1.13μmのInGaAsP光閉じ込め層、層厚0.1μm、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のp-InPクラッド層を順次積層し導波路メサ110を形成した。このとき、変調器部のMQW層のバンドギャップ波長は1.47μmであった。

【0014】次に、通常のフォトリソグラフィとウェットエッチングにより成長阻止マスク開口幅を7μm幅に広げた後、図5に示すように、選択MOVPEにより、成長圧力75 Torr、成長温度625℃で層厚0.3μm、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のp-InP層と、層厚1.5μm、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のp-InP層からなる埋め込み層111、層厚0.2μm、キャリア濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のInGaAsキャップ層112を順次積層し、結晶成長が完了した。

【0015】その後、SiO<sub>2</sub>113を350nm堆積させ、通常のフォトリソグラフィとウェットエッチングにより、コンタクト用の窓を開け、Ti、Auをそれぞれ100nm、300nmの厚みにスパッタ法により堆積させ、通常のフォトリソグラフィとウェットエッチングにより変調器部、レーザ部にそれぞれパッド構造のp側電極114を形成した後、ウエハーを100μmに研磨し、裏面にn側電極115となるTi、Auをそれぞれ100nm、300nmの厚みにスパッタ法により堆積させ、N<sub>2</sub>雰囲気中でシンターを行った。最後にレーザ部、変調器部の中央で劈開し、レーザ側の端面に反射率90%の高反射膜116、変調器側に反射率0.1%の低反射膜117を形成して、図6に示すように素子を完成させた。

【0016】このように、レーザ部103に回折格子107を形成する際に、回折格子パターン104の開口幅を回折格子終端部105の近傍で漸次広くすることにより、ウェットエッチング時に回折格子終端部105の近傍でパターン効果によりエッチング速度が速くなるため発生する回折格子のえぐれを抑制し、均一な形状の回折格子107を形成した。その結果、導波路の不連続が発生しない。従って、回折格子形成領域と平坦部境目で、

導波路不連続に起因する光の反射によるシングルモード歩留まりの低下を防ぎ、散乱に起因する変調器部との結合損を防止するという効果がもたらされる。

【0017】本実施例で製造した素子を評価したところ、レーザ発振スペクトルのシングルモード歩留まりとして70%と、端面位相のランダム性から予想される理論値にほぼ一致する良好な結果が得られた。また、DFBレーザ部と変調器部との光学的結合はほぼ100%であった。また、レーザの発振しきい値8mA、100mAでの光出力10mW、2Vの逆バイアス電圧を変調器に印加したときの消光比15dB以上と、従来と遜色のない特性が得られた。更に、変調速度2.5Gb/sで150kmのノーナルファイバによる伝送試験においても、ペナルティが1dB以下と、良好な結果が得られた。

【0018】（実施例2）本発明の一実施例として、アナログ伝送用部分回折格子型レーザの製造工程を、図7～12に示す。

【0019】図7に示すようにまず、n型(100)面方位のInP基板201上にレジスト202を塗布し、<011>方向にEB露光により、素子長300μmのうち、回折格子レジストパターン203を長さ100μmにわたり形成した。このときの回折格子レジストパターンは、幅5μm（一定値）、周期202.7nm（一定値）で、ウエハー上ではパターンが繰り返し形成されるため400μm長の回折格子部と200μm長の平坦部とが繰り返し形成されたことになる。このとき、パターン開口長は回折格子形成領域終端部204から内部方向205に向かって3μmにわたり150nmから50nmへと変化させた。

【0020】本実施例では、開口長を内部から回折格子形成領域終端部204に向かって線形的に広げた。したがって開口面積も線形的に増大したことになる。変化させた領域は、終端部204から内部方向205に向かって3μmの範囲であった。内部方向205に向かってこの3μmの範囲から先の範囲では、開口長は一定値50nmとした。この理由は、実施例1の場合と同じく、この3μmの範囲から先の範囲では、パターン効果の影響を無視できる範囲であるからである。この範囲については、実施例1と同じく回折格子のパターン設計によるものであり、適宜選択される。開口長の変化のさせ方は、本実施例では、線形的に変化させたが、内部から回折格子形成領域終端部204に向かって2次関数、3次関数等のn次関数にしたがって、増加させることも可能であり、また指数的に増加させることも可能であり、この関数については、回折格子の深さが一定になるように適宜選択できる。

【0021】次に、エッチング方法としてウェットエッチングにより回折格子を形成した。レジストのエッチングができればウェットエッチングに限定されない。本実

施例では、臭化水素と過酸化水素と水とからなるエッチング液でInP基板上に回折格子パターン203を転写し回折格子206を形成した。図8は図7のB-B'線に沿ったウェットエッチング後の断面図を示す。次にレジストを除去し、部分的に回折格子を有する半導体レーザの回折格子基板を完成させた。さらに、この基板上に図9に示すように、熱CVD法によりSiO<sub>2</sub>を150nm堆積させ、<011>方向に間隔が1.5μm、幅3μmの一对のストライプパターンに通常のフォトリソグラフィとウェットエッチングにより加工し、成長阻止マスク207を形成した。

【0022】次に図10に示すように、選択MOVPEにより成長圧力75Torr、成長温度625℃で、層厚が0.1μm、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ でバンドギャップ波長が1.05μmのInGaAsPガイド層、層厚0.02μm、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のInPスペーザ層、バンドギャップ波長組成が1.31μmとなるような層厚5nmの0.7%至InGaAsPウェルと層厚10nmのバンドギャップ波長が1.05μmのバリア層をもつ7周期のノンドープMQW活性層、層厚90nm、バンドギャップ波長が1.05μmのノンドープInGaAsP光閉じこめ層、層厚0.1μm、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のp-InPクラッド層を順次形成し導波路メサ208を形成した。次に、ウエハー全面にSiO<sub>2</sub>を350nm堆積させた後、フォトリソグラフィとウェットエッチングにより、メサ上にSiO<sub>2</sub>パターンを形成した。

【0023】次に、選択MOVPEにより成長圧力75Torr、成長温度625℃で層厚0.3μm、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のp-InP層、層厚1μm、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のn-InP層、層厚0.2μm、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のp-InP層を順次積層し、SiO<sub>2</sub>マスクを除去した後、MOVPE成長により、成長圧力75Torr、成長温度625℃で層厚1.5μm、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のp-InP層を成長してサイリスタ構造の電流ブロック層209を形成し、層厚0.2μm、キャリア濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のInGaAsキャップ層210を順次積層し、図11に示すように結晶成長を完了した。

【0024】次に、通常のフォトリソグラフィとウェットエッチングにより幅10μmのメサストライプ211を形成した。その後、SiO<sub>2</sub>212を350nm堆積させ、通常のフォトリソグラフィとウェットエッチングにより、コンタクト用の窓を開け、Ti、Auをそれぞれ100nm、300nmの厚みにスパッタ法により堆積させ、通常のフォトリソグラフィとウェットエッチングによりパッド構造のp側電極213を形成した後、ウエハーを90μmに研磨し、裏面にn側電極214となるTi、Auをそれぞれ100nm、300nmの厚みにスパッタ法により堆積させ、N<sub>2</sub>雰囲気中でシンター

を行った。最後に回折格子形成領域、平坦領域のそれぞれ中央で劈開し、平坦面領域側の端面に反射率 70% の高反射膜 215、回折格子領域端面に反射率 1% の低反射膜 216 を形成して、図 12 に示すように素子を完成させた。

【0025】このように、回折格子 206 を形成する際に、回折格子パターン 203 の開口長を回折格子終端部 204 の近傍で漸次長くすることにより、ウェットエッチング時に、回折格子終端部 204 の近傍でパターン効果によりエッチング速度が速くなるために発生する回折格子のえぐれを抑制し、均一な形状の回折格子 107 を形成した。その結果、導波路の不連続が発生しない。従って、回折格子終端部 204 での導波路不連続に起因する光の反射や散乱が抑制され、導波路方向での電界分布を均一にして良好なアナログ特性を得るという、部分回折格子型 DFB レーザの性能が充分引き出された。本実施例のアナログ特性を評価したところ光出力 30mW 時の相互 2 次変調歪み -65dB と従来に比べ 10dB 以上の改善が見られた。また、発振しきい値 10mA、スロープ効率 0.58W/A と静特性も従来と遜色のない結果が得られた。

#### 【0026】

【発明の効果】本発明によれば、回折格子を形成するためのレジストパターンを、回折格子形成領域終端部において、開口面積を徐々に増大するように形成することにより、その後のウェットエッチング工程において、回折格子形成領域終端部でのパターン効果によるエッチング速度の上昇を抑えることが可能になる。この結果、レーザ導波損失や電界分布不均一のない部分的に回折格子を有する半導体レーザの製造方法を提供することができ

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例である電界吸収型変調器を集積した DFB レーザの製造工程を示す図である。

【図 2】本発明の一実施例である電界吸収型変調器を集積した DFB レーザの製造工程を示す図である。

【図 3】本発明の一実施例である電界吸収型変調器を集積した DFB レーザの製造工程を示す図である。

【図 4】本発明の一実施例である電界吸収型変調器を集積した DFB レーザの製造工程を示す図である。

【図 5】本発明の一実施例である電界吸収型変調器を集積した DFB レーザの製造工程を示す図である。

【図 6】本発明の一実施例である電界吸収型変調器を集積した DFB レーザの製造工程を示す図である。

【図 7】本発明の一実施例であるアナログ伝送用部分回折格子型レーザの製造工程を示す図である。

【図 8】本発明の一実施例であるアナログ伝送用部分回折格子型レーザの製造工程を示す図である。

【図 9】本発明の一実施例であるアナログ伝送用部分回

折格子型レーザの製造工程を示す図である。

【図 10】本発明の一実施例であるアナログ伝送用部分回折格子型レーザの製造工程を示す図である。

【図 11】本発明の一実施例であるアナログ伝送用部分回折格子型レーザの製造工程を示す図である。

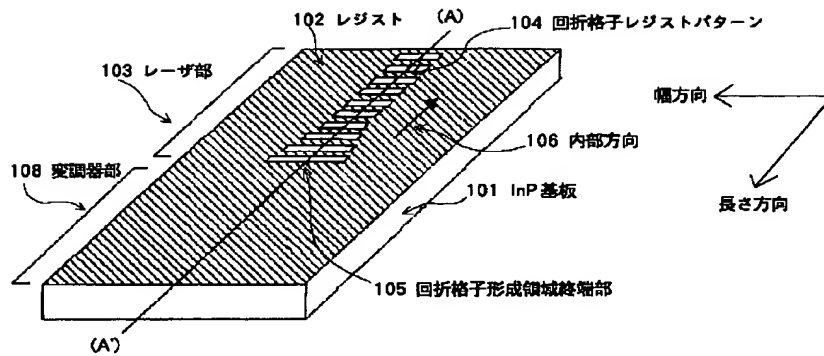
【図 12】本発明の一実施例であるアナログ伝送用部分回折格子型レーザの製造工程を示す図である。

【図 13】従来法を用いた半導体レーザの回折格子基板の製造方法を示す図である。

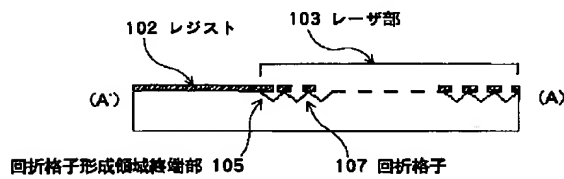
#### 【符号の説明】

- 101 InP 基板
- 102 レジスト
- 103 レーザ部
- 104 回折格子レジストパターン
- 105 回折格子形成領域終端部
- 106 内部方向
- 107 回折格子
- 108 変調器部
- 109 成長阻止マスク
- 110 導波路メサ
- 111 埋め込み層
- 112 キャップ層
- 113 SiO<sub>2</sub>
- 114 p 側電極
- 115 n 側電極
- 116 高反射膜
- 117 低反射膜
- 201 InP 基板
- 202 レジスト
- 203 回折格子レジストパターン
- 204 回折格子形成領域終端部
- 205 内部方向
- 206 回折格子
- 207 成長阻止マスク
- 208 導波路メサ
- 209 電流ブロック層
- 210 キャップ層
- 211 メサストライプ
- 212 SiO<sub>2</sub>
- 213 p 側電極
- 214 n 側電極
- 215 高反射膜
- 216 低反射膜
- 301 回折格子レジストパターン
- 302 半導体基板
- 303 回折格子形成領域終端部
- 304 回折格子のえぐれ
- 305 レジスト
- 306 回折格子

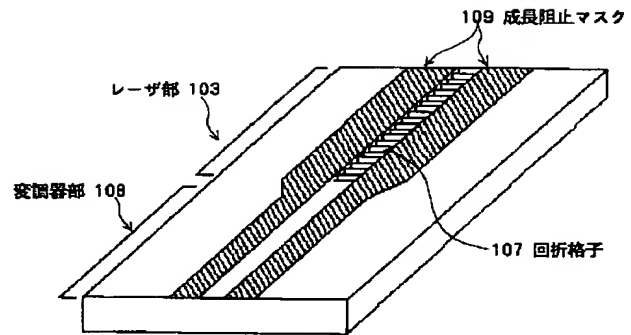
【図 1】



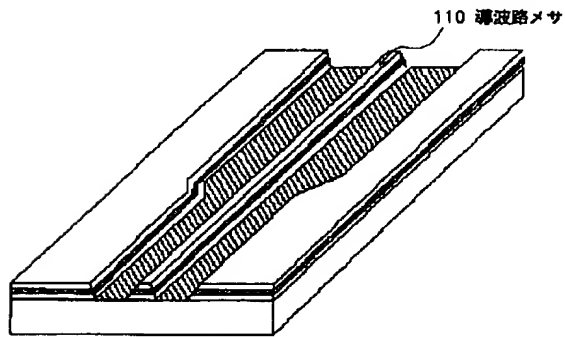
【図 2】



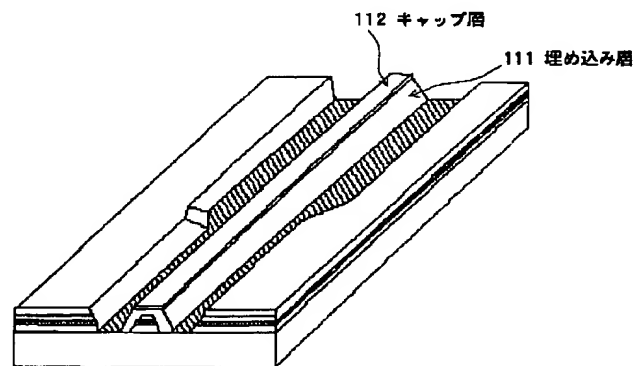
【図 3】



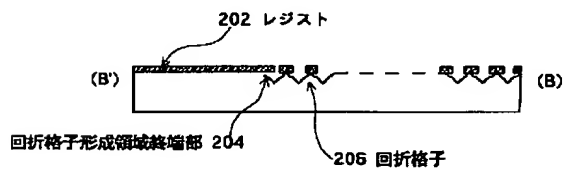
【図 4】



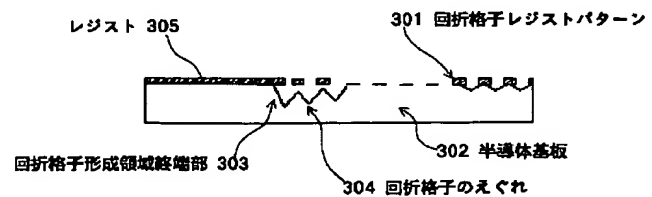
【図 5】



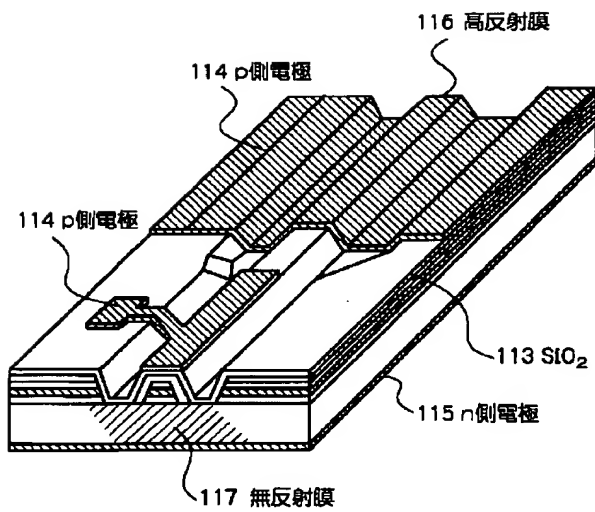
【図 8】



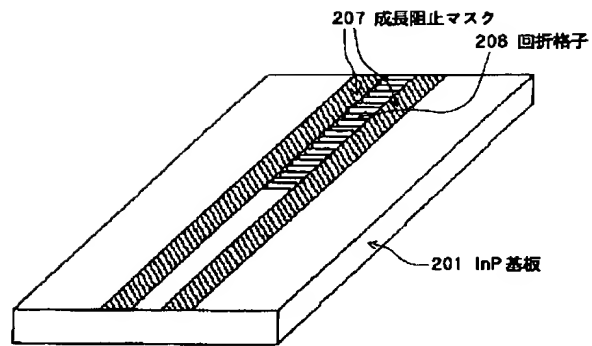
【図 13】



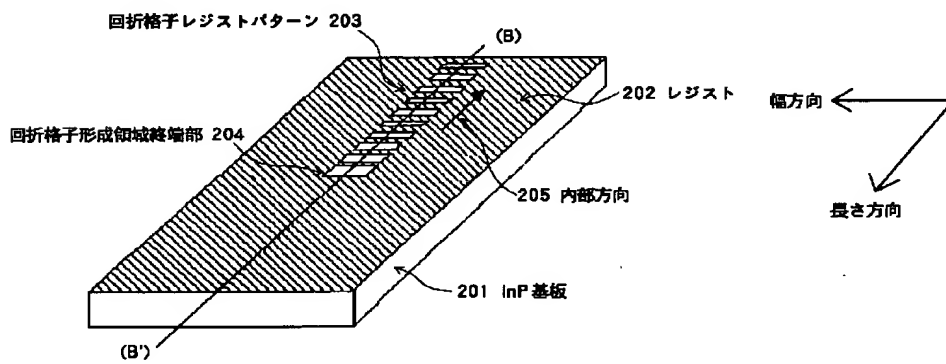
【図 6】



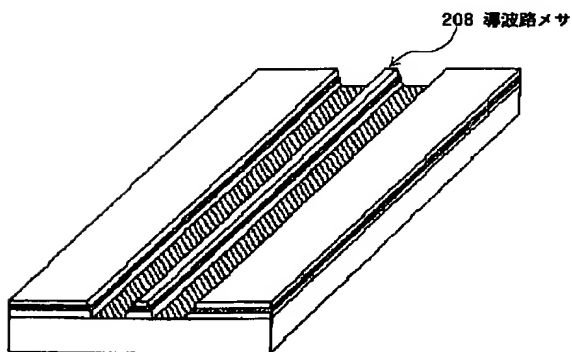
【図 9】



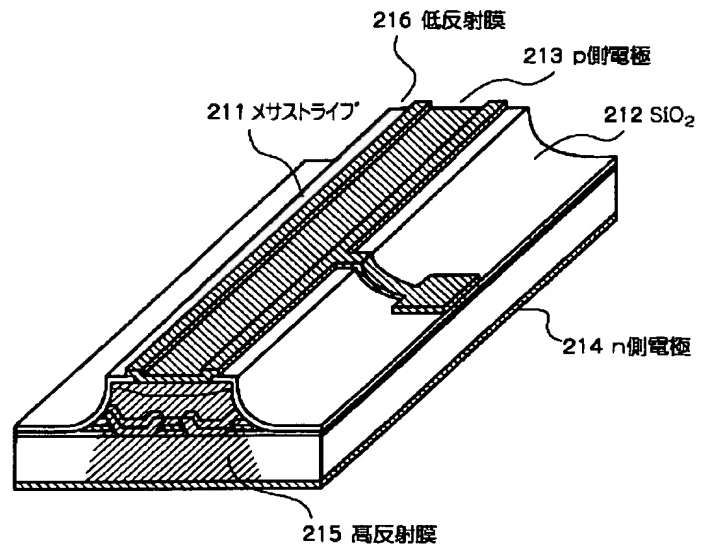
【図 7】



【図 10】



【図 12】



【図 1 1】

